



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応に使用される乾燥空気を、反応後に排出されるオフガス内の水分により加湿する水分透過型の加湿装置を備えた燃料電池用加湿システムにおいて、前記乾燥空気を加給装置を介して燃料電池に供給する供給ラインと燃料電池から排出されるオフガスの排出ラインとが設けられ、これら供給ラインと排出ラインとの間に前記加湿装置が介在され、前記供給ラインと排出ラインとで閉ループが形成可能に構成され、燃料電池の停止時に前記閉ループを形成した状態とし、燃料電池の再起動時に前記閉ループを形成した状態で加給装置により空気を循環させて燃料電池内の露点を調製した後、閉ループを解除すると共に燃料電池を通常運転とする制御装置を設けたことを特徴とする燃料電池用加湿システム。

【請求項2】 上記加湿装置にヒーターが設けられていることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池用加湿システム。

【請求項3】 上記燃料電池が固体高分子膜を備えたものであって、上記固体高分子膜に導電率計が取り付けられていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の燃料電池用加湿システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、固体高分子膜を電解質膜として用いた、例えば、燃料電池自動車等に使用される燃料電池用加湿システムに係るものであり、特に、再起動時において最適な条件で運転を行なうことができる燃料電池用加湿システムに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から、固体高分子膜を電解質膜として用いた燃料電池が知られている。この種の燃料電池においては、供給される酸素と水素との電気化学反応により生じた電子が固体電解質膜を流れることにより発電が行なわれる。そして、発電が効率良く行なわれるためには、前記固体高分子膜の導電性を高め、反応により生じた電子の移動の際の抵抗を低くする必要がある。ところで、燃料電池内では反応により水が生ずる関係で、反応後に排出されるオフガスには多くの水分が含まれている。したがって、例えば、特開平6-132038号公報に示されているように、反応後に排出されるオフガスを加湿ガスとして用い、反応に使用される反応ガスを加湿する加湿装置を備えた燃料電池用加湿システムが提案されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記従来の燃料電池用加湿システムにおいては、オフガスを有効利用する点で優れているが、燃料電池を作動停止して系内の露点が低下すると、燃料電池内を含む配管経路内の含有水分が結露を起こしてしまう。そしてこの状態で燃料電池を再起動すると結露している分だけ燃料電

池内の湿度が低下しているため、燃料電池の通常運転のための必要露点が得られず発電効率が低下してしまうという問題がある。そこで、この発明は、作動停止した燃料電池を再起動する場合に最適な状態で運転を行なうことができる燃料電池用加湿システムを提供するものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、請求項1に記載した発明は、反応に使用される乾燥空気を、反応後に排出されるオフガス内の水分により加湿する水分透過型の加湿装置（例えば、実施形態における加湿装置6）を備えた燃料電池用加湿システムにおいて、前記乾燥空気を加給装置（例えば、実施形態におけるスーパーチャージャー17）を介して燃料電池（例えば、実施形態における燃料電池1）に供給する供給ライン（例えば、実施形態における乾燥空気供給路3）と燃料電池から排出されるオフガスの排出ライン（例えば、実施形態におけるオフガス排出路5）とが設けられ、これら供給ラインと排出ラインとの間に前記加湿装置が介在され、前記供給ラインと排出ラインとで閉ループが形成可能に構成され、燃料電池の停止時に前記閉ループを形成した状態とし、燃料電池の再起動時に、前記閉ループを形成した状態で加給装置により空気を循環させて燃料電池内の露点を調製した後、閉ループを解除すると共に燃料電池を通常運転とする制御装置（例えば、実施形態における制御装置27）を設けたことを特徴とする。

【0005】 このように構成することで、燃料電池の停止時において供給ラインと排出ラインとで閉ループを形成して系内の水分を保持するため、系内の温度低下により結露が生じ露点が下がった場合でも、水分の外部流出を防止し、燃料電池の再起動時に前記閉ループを形成した状態で加給装置を作動させると、加給装置による断熱圧縮作用により空気を加熱すると共に、攪拌作用により水分を攪拌して露点を調整し、露点を調製した後、閉ループを解除すれば燃料電池を通常運転することが可能となる。

【0006】 請求項2に記載した発明は、上記加湿装置に加熱装置（例えば、実施形態におけるヒーター21）が設けられていることを特徴とする。このように構成することで、燃料電池内の露点を調整する場合に、系内のガス温度を加熱装置により調整することが可能となる。請求項3に記載した発明は、上記燃料電池が固体高分子膜を備えたものであって、上記固体高分子膜に導電率計（例えば、実施形態における導電率計20）が取り付けられていることを特徴とする。このように構成することで、固体高分子膜の導電率で固体高分子膜の潤度を推定することが可能となる。

## 【0007】

【発明の実施の形態】 以下、この発明の第1実施形態を図面と共に説明する。図1はこの発明の燃料電池加湿シ

ステムを模式的に示したものである。この燃料電池加湿システムは、例えば、燃料電池自動車に使用されるものである。同図において、1は燃料電池を示している。燃料電池1は多数の固体高分子膜を備えたものであって、各固体高分子膜は例えば酸素と水素とを隔離しつつ、飽和含水することにより、分子中に存在するプロトン交換基によって導電性電解質として機能するものである。

【0008】燃料電池1のガス入口2には、反応に使用される乾燥空気の乾燥空気供給路3が接続されている。また、燃料電池1のガス出口4には反応を終えて燃料電池1から排出されるオフガスのオフガス排出路5が接続されている。上記乾燥空気供給路3とオフガス排出路5とにまたがって、空気をオフガス内の水分により加湿する加湿装置6が設けられている。

【0009】図2は加湿装置6の概略構成図である。同図において、筒状のケーシング7内には多数の中空糸膜(水透過膜からなる多孔質中空糸)Tが密集した状態で束ねて挿入されていて、ケーシング7の一端側がオフガス入口8、多端側がオフガス出口9として構成されている。一方、ケーシング7にはその側壁に空気入口10と空気出口11が各々形成され、この空気入口10と空気出口11とはケーシング7内の各中空糸膜Tの間の隙間に連通している。

【0010】そして、上記ケーシング7の各端部には、前記空気入口10と空気出口11とを覆う位置までヘッド12、12が取り付けられ、ヘッド12に形成された空気ポート13とオフガスポート14とが、各々前記ケーシング7の空気入口10、空気出口11と、オフガス入口8、オフガス出口9に接続されている。ここで、ヘッド12間にはケーシング7を囲むようにカバー15が取り付けられている。このように構成された加湿装置6の空気ポート13とオフガスポート14とが前記乾燥空気供給路3とオフガス排出路5とに各々接続されている。尚、1つの加湿装置6には複数のケーシング7を設けることができるが、使用されるケーシング7、つまり中空糸膜の本数は燃料電池1の能力に応じて適宜設定できる。また、図1においては図示都合上、反応ガスポート13の位置を図2とは異なるように記載している。

【0011】したがって、ケーシング7の一端側のオフガスポート14から各中空糸膜T内に湿潤したオフガスが供給されると、中空糸膜Tに形成された毛管内において水分が凝縮し(ケルビンの毛管凝縮式に基づく)、水分は分離透過される。この透過した水分は、前記空気ポート13から送られてくる乾燥空気と接触することでこれを加湿する。その結果、ケーシング7の多端側の空気ポート14から出る空気は加湿された状態となる。

【0012】図1において、前記乾燥空気供給路3には加湿装置6の上流側に、モータ16により駆動するスーパーチャージャー17が設けられている。このスーパーチャージャー17によって外気が燃料電池1内に供給さ

れる。一方、オフガス排出路5には加湿装置6の下流側に圧力調整弁18が設けられている。この圧力調整弁18により系内の圧力が調整される。

【0013】ここで、乾燥空気供給路3には、加湿装置6と燃料電池1のガス入口2との間に、燃料電池1内に供給される乾燥空気の温度を測定する温度計19が設けられている。また、前記加湿装置6にはヒーター21が設けられ、ヒーター21はスイッチ22によりON、OFFされる。そして、燃料電池1内の任意の固体高分子膜Kには、導電率計20が設けられ、この導電率計20により固体高分子膜Kの湿潤状態を検出するようになっている。この湿潤状態を検出するには、例えば、特開平7-282832号公報に示されているように、白金線を用い、アノード側とカソード側との電圧、固体高分子膜Kとアノードおよびカソードのインピーダンスから導電率を求める手法を採用することができる。

【0014】一方、前記スーパーチャージャー17の下流側の乾燥空気供給路3には熱交換器23が設けられ、スーパーチャージャー17の上流側には水インジェクタ24が設けられている。そして、前記乾燥空気供給路3の水インジェクタ24の上流側とオフガス排出路5の圧力調製弁18の下流側には入口三方弁25a、出口三方弁25bが各々設けられ、これら三方弁25a、25b間は連通配管26で接続されている。

【0015】よって、入口三方弁25aと出口三方弁25bとを、乾燥空気供給路3とオフガス排出路5とを連通路26で連通するように切り替えれば、乾燥空気供給路3の入口とオフガス排出路5の出口とが閉塞され、乾燥空気供給路3とオフガス排出路5と連通路26とで閉ループが形成される。一方、乾燥空気供給路3の入口とオフガス排出路5出口とを開放する方向に各三方弁25a、25bを切り替えれば、前記閉ループは解除される。そして、前記燃料電池1、導電率計20、温度計19、加熱装置21のスイッチ22、スーパーチャージャー17のモータ16、圧力調製弁18、入口三方弁25a、出口三方弁25bが制御装置27を介して接続されている。

【0016】次に、図3に示すタイムチャートに基づいて作用について説明する。先ず、燃料電池1を通常運転である負荷運転する場合には入口三方弁25a、出口三方弁25bにより乾燥空気供給路3の入口とオフガス排出路5の出口を共に開いてスーパーチャージャー17を起動させる。このとき、ヒーター21のスイッチ22はOFFとなっている。そして、燃料電池1の停止信号が出力されると燃料電池1は無負荷運転となり、入口三方弁25a、出口三方弁25bを閉ループモード側に切り替え、スーパーチャージャー17を停止する。このときヒーター21はOFFとなっている。これにより乾燥空気供給路3とオフガス排出路5とが連通配管26で接続され、乾燥空気供給路3とオフガス排出路5と連通配管

26とで、加湿装置6、及びスーパーチャージャー17等を含む閉ループが形成される。

【0017】したがって、系内の水分は当該系内に保持される。ここで、各三方弁25a、25bの切替タイミングは燃料電池1の停止信号に基づいて制御装置27により行なわれ、その後燃料電池1は停止する。このように、系内の水分を保持するのは、燃料電池1の停止後、燃料電池1の固体高分子膜K内の水分は時間の経過とともに下流側に移動し、系を開放したままにすると燃料電池1の発電に十分な水分が確保できないからである。そのため、燃料電池1の停止時にはカソード側の加湿経路を遮断するために前記閉ループを形成している。

【0018】次に、燃料電池1を再起動するために、制御装置27により燃料電池1の起動信号が outputされる。前記閉ループを維持した状態で、制御装置27を介してモータ16によりスーパーチャージャー17を運転し、スイッチ22によりヒーター21をON作動し、加湿装置6内、乾燥空気供給路3、及び、オフガス排出路5内に貯留している水をスーパーチャージャー17に吸引させて攪拌してミスト状にする。すると、スーパーチャージャー17による断熱圧縮作用と、加湿装置6に設けられたヒーター21により加湿装置6を加熱することにより、系内のガス温度は上昇する。したがって、速やかに必要な露点を確保することができる。必要な露点が確保されたら、燃料電池1は無負荷運転状態とする。ここで、燃料電池1の無負荷運転状態とは、燃料電池自体から発生し得る安定的な最小電力供給が可能となる様にアノード側及びカソード側に所定の水素及び空気を供給した状態において、燃料電池自体からの電力が発生していない状態を意味する。また、負荷運転状態とは燃料電池自体から電力を発生し得る状態を意味する。

【0019】上記閉ループ内で行なわれている水分循環は燃料電池1が発電可能となるべく固体高分子膜Kが湿潤するまで(図3においてFC湿潤完了)行なわれる。このように固体高分子膜Kが湿潤したか否かを判定するには、固体子分子膜Kの導電率がしきい値をこえたか否かで推定する。ここで、この導電率は燃料電池1の入口ガス温度及び相対湿度(つまり露点)と関係している。すなわち、図4に示すように、ある一定の相対湿度に対して、ガス温度に応じた導電率のしきい値が求められる。例えば、ガス温度、つまり温度計19で測定された燃料電池1の入口ガス温度が80°Cの場合には、固体高分子膜Kの導電率のしきい値は0.17(S/cm<sup>2</sup>)、入口ガス温度が30°Cの場合には、導電率しきい値0.14(S/cm<sup>2</sup>)となる。つまりこれらの各しきい値がガス温度に応じて細かく設定されている。

【0020】そして、図5に示すようにしきい値とガス温度のグラフから、温度計19で測定された現在のガス温度に対して、導電率計20により検出された固体高分子膜Kの導電率がしきい値より高くなった場合に、固体

高分子膜Kが十分に湿潤していると判定する。

【0021】次に、前述したように固体高分子膜Kが運転を再開するに十分な湿潤状態になった(導電率がしきい値を超えた)と判定されると、前記閉ループを解除すべく制御装置27を介して各三方弁25a、25bを開作動させて連通路26と乾燥空気供給路3とオフガス排出路5との連通を解除し、燃料電池1を負荷運転する。尚、この負荷運転に移行する場合には、スーパーチャージャー17は起動したまま、ヒーター21はOFFとする。

【0022】尚、系内のガス温度を調整するためにスーパーチャージャー17のモータ16により回転数を変化させたり、あるいは前記ヒーター21をON、OFF制御したり、ヒーター21に対する印加電圧を変化させることができる。つまり、スーパーチャージャー17の回転数を上げたり、ヒーター21のON時間を延ばし、あるいは印加電圧を上げることで温度を上昇させることができる。また、系内の水分は燃料電池1の停止時においては前記閉ループ内に確保されるため基本的に外部からの供給は必要ないが、系内の露点を調整するために、万一必要がある場合は、水インジェクタ24から水分を供給して露点を上げたり、前記各三方弁25a、25bを乾燥空気供給路3の入口とオフガス排出路5の出口が解放されるように通常モード側に一時的に切り替えて、余剰水分を排出することで露点を下げることも可能である。

【0023】したがって、上記実施形態によれば、通常は燃料電池1を停止した後に系内の温度が低下すると、燃料電池1を含む乾燥空気供給路3及びオフガス排出路5内の水が結露を起こし、そのままの状態で再度燃料電池1を起動すると系内が乾燥していて発電効率を十分に得られないが、燃料電池1の起動時から負荷運転に至までの間に、系内の水分を確保して固体高分子膜Kが乾燥するのを防止できるため、速やかに負荷運転に移行することができる。

【0024】つまり、燃料電池1の停止後に燃料電池1を含む系内を各三方弁25a、25bを開ループモード側に切り替えることによって閉ループを形成するため、系内の水分を有効利用し停止直前の必要水分を確保することができる。また、系内に水分を確保した状態で、スーパーチャージャー17を有効利用して系内の空気温度を速やかに調製することができるため、新たに大掛かりな加熱装置が必要ない点で有利である。また、スーパーチャージャー17の断熱圧縮に加えて、ヒーター21を用いることができるため、確実かつ速やかに所望のガス温度を得ることができる。また、固体高分子膜Kの湿潤状態を該固体高分子膜Kの導電率により推定しているため、単純にガスの露点で湿潤状態を判定する場合に比較して、燃料電池1の発電能力をより正確に反映することができる。

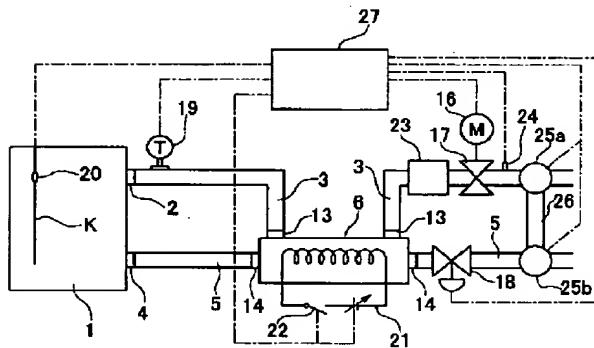
【0025】したがって、燃料電池1を停止してから通常運転に移行するまでの時間を最小限に短縮することができるため、燃料電池車に搭載した場合に、バッテリによる走行時間（EV走行時間）が少なくてすみ、バッテリに対する負荷が少なくてすむ。即ち、燃料電池自動車は車両がスタートしてから、燃料電池1による通常運転が開始されるまでの間に、燃料電池のアイドル時間が必要となり、この間は通常バッテリ走行を行なうが、このバッテリ走行を行なっている時間が長いと、バッテリの残容量が減少してしまいエネルギー・マネージメント上不利となってしまう。

【0026】その結果、この実施形態によれば、速やかに燃料電池1による通常運転（負荷運転）に移行することができるため、バッテリによる走行時間が大幅に短縮され、バッテリ残容量の減少を最小限に食い止めることができる。尚、この発明は上記実施形態に限られるものではなく、例えば、反応ガスとして用いられる水素用の加湿システムにも利用できる。また、導電率計を設ける替わりに乾燥空気供給路の燃料電池1の入口に露点計を設けて、露点を検出するようにしても良い。

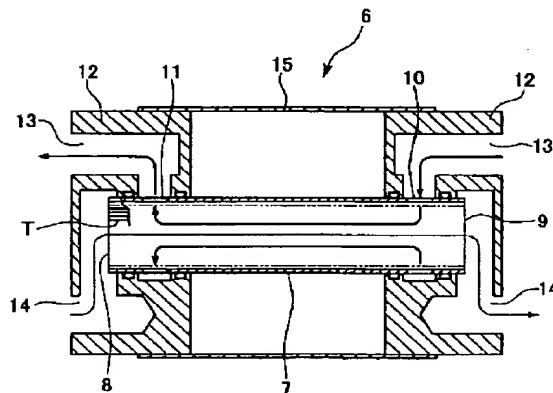
【0027】

【発明の効果】以上説明してきたように、請求項1に記載した発明によれば、燃料電池を停止した状態で系内の温度低下により結露が生じて露点が下がった場合でも、燃料電池の再起動時に前記閉ループを形成した状態で加給装置を作動させ、系内の露点を調整し、露点を調整した後前記閉ループを解除して燃料電池を通常運転することが可能となるため、燃料電池停止時における系内の水分を有効利用して、速やかに燃料電池を通常運転に移行することができる効果がある。したがって、燃料電池自動車に搭載した場合に、通常の燃料電池走行に移行する

〔四〕 1



〔 2〕



までの時間を大幅に短縮することができるため、バッテリにより走行する時間を短縮でき、エネルギー・マネージメント上有利となるという効果がある。

【0028】請求項2に記載した発明によれば、燃料電池内の露点を調整する場合に、系内のガス温度を加熱装置により調整することが可能となるため、速やかにガス温度を上げ露点を調整することができる効果がある。請求項3に記載した発明によれば、固体高分子膜の導電率で固体高分子膜の湿潤度を推定することが可能となるため、単純にガスの露点で湿潤状態を判定する場合に比較して、燃料電池の発電能力を正確に反映することができる効果がある。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1実施形態の模式図である。

【図2】 この発明の第1実施形態の加湿装置の概略構成図である。

【図3】 この発明の第1実施形態のタイムチャート図である。

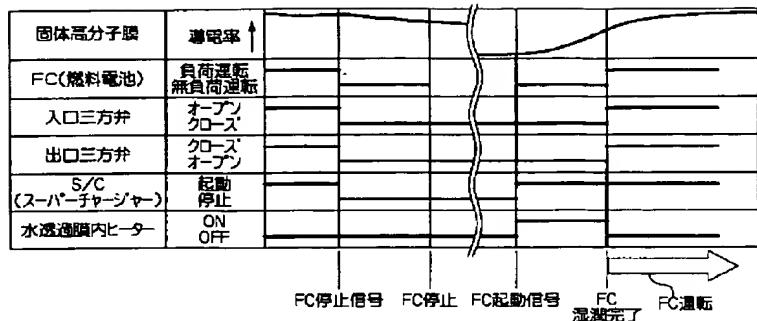
【図4】 固体高分子膜の導電率と相対湿度の関係を示すグラフ図である。

【図5】 固体高分子膜の導電率のしきい値とガス温度の関係を示すグラフ図である。

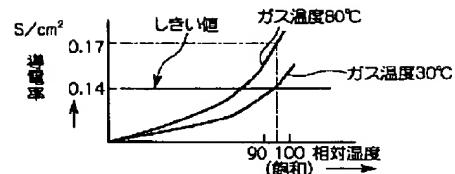
## 【符号の説明】

- 1 燃料電池
- 3 乾燥空気供給路 (供給ライン)
- 5 オフガス排出路 (排出ライン)
- 6 加湿装置
- 17 スーパーチャージャー (加給装置)
- 20 導電率計
- 30 21 ヒーター (加熱装置)
- 27 制御装置

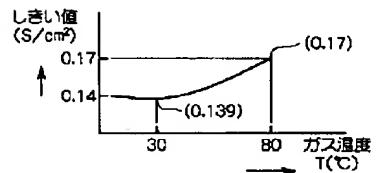
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 草野 佳夫  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72)発明者 鈴木 幹浩  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
Fターム(参考) 5H026 AA06  
5H027 AA06 BC19 KK31 KK51 MM01